Einsatz einer neuartigen Flockungs- und Sedimentationsanlage zur effizienten Partikelentfernung

Innovative Aufbereitungstechnik ■ Die Stadtwerke Iserlohn GmbH betrieben ursprünglich vier Wassergewinnungs- und -aufbereitungsanlagen. Durch den Bau eines zentralen Wasserwerkes erübrigte sich die Ertüchtigung dieser Wasserwerke. Außerdem konnte mit der zentralen Mischung der vier chemisch und mikrobiologisch deutlich unterschiedlichen Grundwässer und durch den Einsatz einer neuartigen Verfahrenstechnik für die Partikelentfernung die mikrobiologische Versorgungssicherheit deutlich erhöht und die Härte des Trinkwassers optimal eingestellt werden.

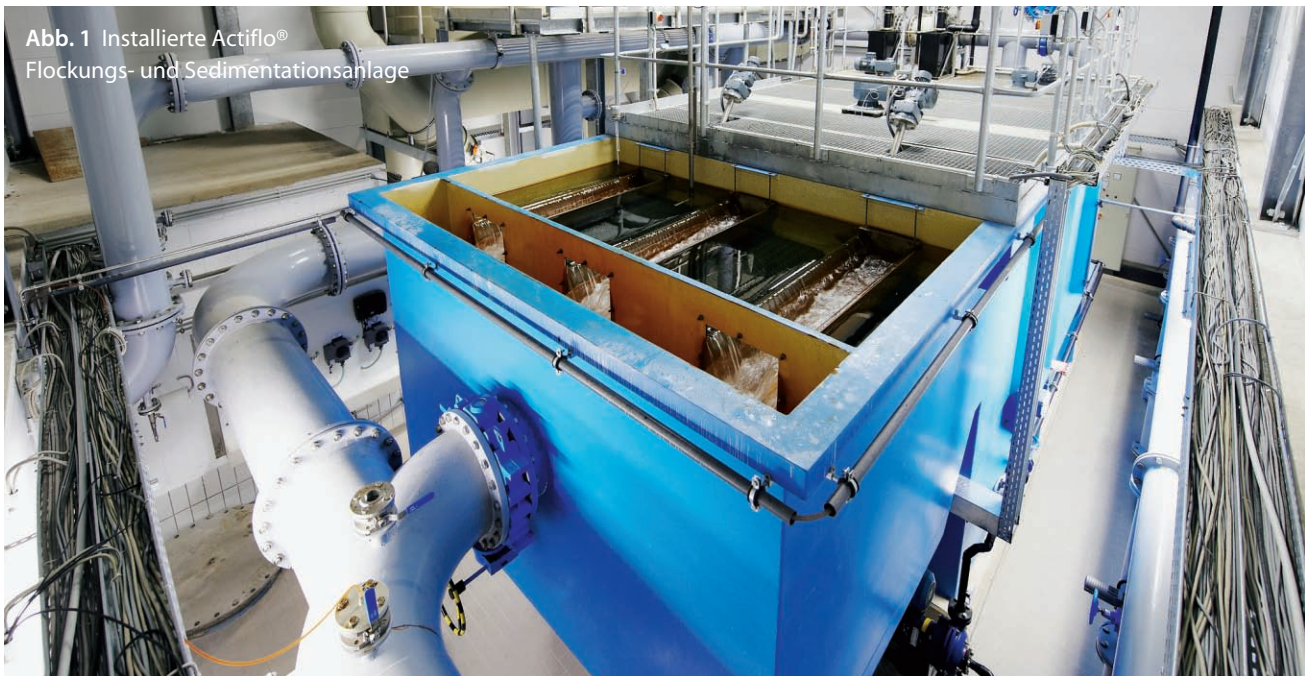

Abb. 1 Installierte Actiflo® Flockungs- und Sedimentationsanlage

Insbesondere sind bei den vier unterschiedlichen Wasserwerken der Härteunterschied und die niederschlagsabhängig kurzfristig erhöhten Trübungen hervorzuheben, die mit einer mikrobiellen Belastung des Grundwassers einhergehen können. Da die Ertüchtigung der Anlagen anstand, wurde eine Studie in Auftrag gegeben, die zu dem Ergebnis führte, dass die vier getrennten Wasseraufbereitungsanlagen zugunsten eines zentralen Wasserwerkes aufgegeben werden sollten. **Abbildung 2** zeigt die Verfahrensstufen der neuen Anlage im Wasserwerk Krug von Nidda. In der ersten Stufe der Aufbereitung werden die Grundwässer der Gewinnungen Krug von Nidda und Westig behandelt. In Desorptionskolonnen wird Luft im Gegenstrom zum Wasser eingeblasen und Letzteres intensiv belüftet. Dabei werden Chlorkohlenwasserstoffe, Stickstoff und Kohlensäure aus dem Wasser entfernt. Die Wassermenge von max 570 m^3/h wird auf zwei Desorptionskolonnen (D = 2,4 m, H = 6,5 m) aufgeteilt, die mit Füllkörpern (1 Zoll) aus Polypropylen gefüllt sind und mit einer Geschwindigkeit von v = 31,5 m/h betrieben werden. Der Wirkungsgrad hinsichtlich der Entfernung von CO_2 beträgt < 90 Prozent.

Neuartige Hochleistungsflockungs- und -sedimentationsanlage

Zur Entfernung der sporadisch auftretenden Trübungen in den Grundwässern der Gewinnungen Lägertal, Wermingsertal und Krug von Nidda wurde eine bisher in Deutschland zur Trinkwasseraufbereitung noch nicht verwendete Verfahrenstechnik gewählt. Das Actiflo®-Verfahren basiert grundsätzlich auf den herkömmlichen Prozessen Koagulation, Flockung und Sedimentation, wofür die üblichen primären und sekundären Flockungsmittel zum Einsatz kommen. Innovativ ist jedoch die Zugabe von Mikrosand, der als „Keim“ für die Vergrößerung der Flocken und zur Erhöhung

ihres spezifischen Gewichts dient. Der Mikrosand hat mehrere Funktionen und spielt bei der Flockenbildung und -sedimentation eine wichtige Rolle:

- Seine Oberfläche dient als „Keim“ zur Flockenbildung.
- Gemeinsam mit dem organischen Flockungshilfsmittel (FHM) fördert er die Bildung von besonders großen Flocken.
- Das hohe Schüttgewicht des Mikrosands (2,65 kg/l) erhöht signifikant das spezifische Gewicht der Flocken („er dient als Ballast“) und damit ihre Sedimentationsgeschwindigkeit.
- Der Mikrosand erhöht die Anpassungsfähigkeit der Anlage an schwankende Rohwasserbeschaffenheit bezüglich der Trübung und schwankende hydraulische Belastung und trägt damit entscheidend zur Stabilisierung des gesamten Flockungs- und Sedimentationsprozesses bei.
- Der chemisch inerte Mikrosand reagiert nicht mit den Flockungsmitteln, was seine Wiederverwendung möglich macht.

Die mit dem Sand beschwerten Flocken führen zu exorbitant kurzen Flockenbildungs- und -sedimentationszeiten. Dadurch können in der Sedimentationsstufe erheblich höhere Flächenbeschickungen erzielt werden. Die Anlagenflächen sind 5- bis 20-mal kleiner als die herkömmlicher Anlagen mit vergleichbarer Kapazität.

Verfahrensbeschreibung

Abbildung 3 zeigt das Actiflo®-Verfahrensschema. Zum Zulauf des Koagulationsbeckens (1) wird ein Flockungsmittel(FM) (z. B. Eisen- oder Aluminiumsalz) für die Koagulation zugegeben. Das aufzubereitende Wasser wird dann in ein Injektionsbecken (2) geführt, wo unter kräftigem Mischen Mikrosand zugegeben wird. Je nach Bedarf hat der Mikrosand einen Durchmesser von 130-170 µm. Beim Übergang vom Injektionsbecken in das Reifebecken (3) wird dem Wasser ein organisches Flockungshilfsmittel(FHM) zugegeben. Bei einem im Vergleich zum Injektionsbecken reduzierten Energieeintrag werden ideale Bedingungen für die Bildung von Polymerbrücken zwischen dem Mikrosand und den Flocken hergestellt, wobei sich dichte und gut absetzbare Flocken bilden. Nach dieser dreistufigen Flockung gelangt das Wasser in das Absetzbecken mit Lamellenabscheider

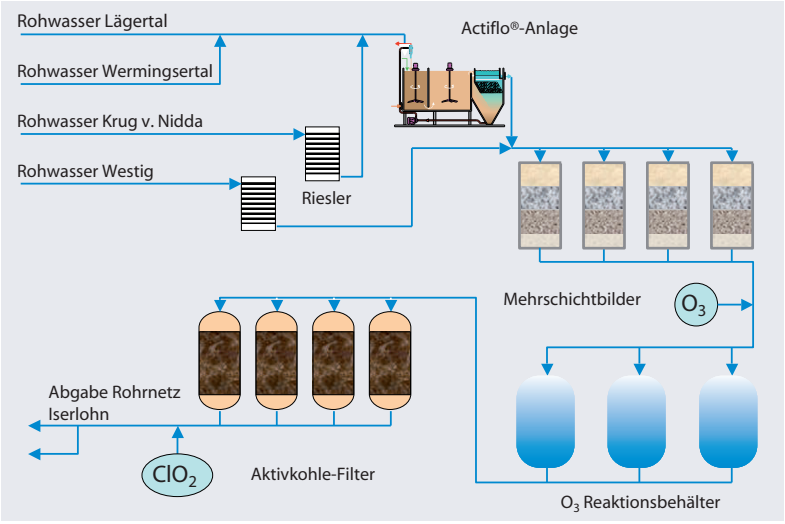

Abb. 2 Verfahrensstufen der neuen Anlage im Wasserwerk Krug von Nidda

(4), wo sich die mit dem Mikrosand beschwerten Flocken schnell absetzen. Die Flächenbeschickung im Lamellen-Absetzbecken kann auf bis zu 120 m^3/m^3xh gesteigert werden. Das Wasser steigt durch die Lamellen auf und verlässt die Actiflo®-Anlage über die Ablaufrinnen. Das im Absetzbecken sedimentierte Schlamm/Mikrosand-Gemisch wird aus dem zentralen Schlammsumpf zu einem Hydrozyklon (5) gepumpt. Je nach Schwebstoffgehalt im Rohwasser beträgt dieser Schlamm/Mikrosand-Volumenstrom drei bis sechs Prozent des Volumenstromes des Rohwassers. Die Pumpenenergie wird im Hydrozyklon in Zentrifugalkraft umgesetzt, wodurch der spezifisch schwere Mikrosand vom leichten Schlamm getrennt wird. Der gereinigte Mikrosand tritt aus der Unterlaufdüse des Hydrozyklons (Apex) heraus und wird in das Injektionsbecken zurückgegeben. Der Schlamm tritt aus dem Überlauf-Tauchrohr (Vortexdüse) des Hydrozyklons heraus und wird zur weiteren Behandlung geführt.

Prozessdaten der Anlage

Die Actiflo®-Anlage vom Typ APWW-4 wurde im Zentralwasserwerk Krug von Nidda für eine hydraulische Belastung von 200 bis max. 480 m^3/h ausgelegt. Jedoch sind

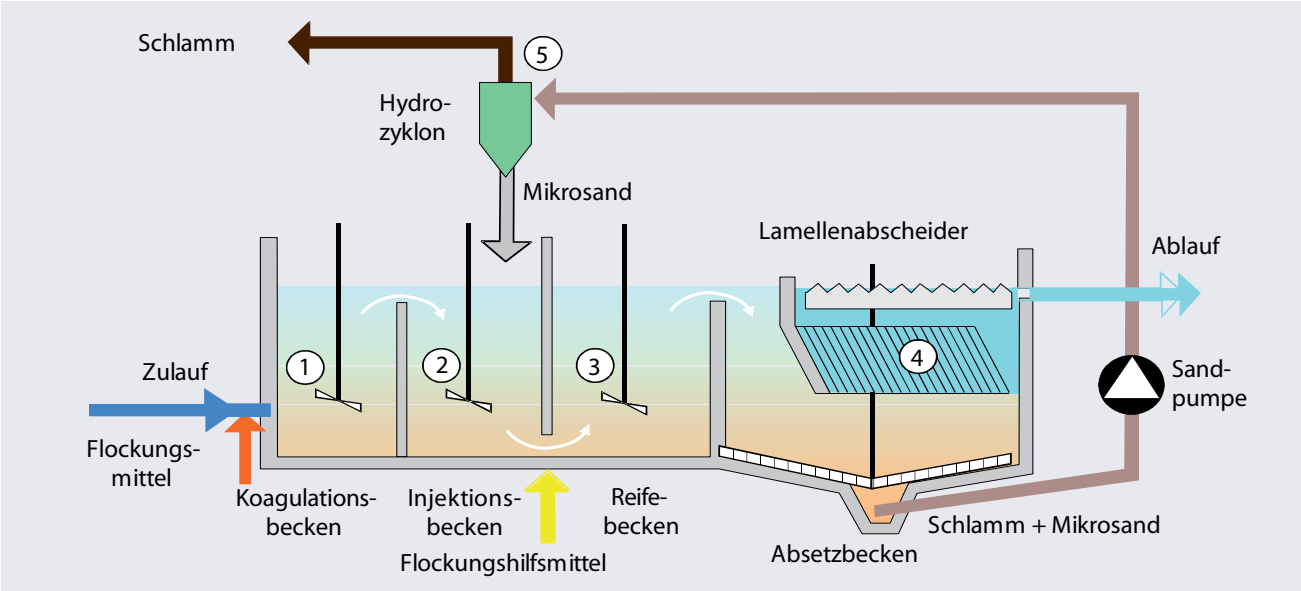

Abb. 3 Actiflo®-Verfahrensschema

Durchsätze bis zu 520 m^3/h erreichbar. Der nominale Durchfluss beträgt 320 m^3/h. In **Tabelle 1** ist die Streubreite der wichtigsten Parameter des Rohwassers zusammengefasst. Man beachte die hohe Schwankungsbreite der Trübung. Bei einer Rohwassertrübung <2 FNU (FNU= „Formazine Nephelometric Units", Kalibriereinheit gemäß der Norm ISO 7027 für Trübungsmessungen im Streulichtverfahren, basiert auf Formazin-Lösung) wird die Anlage ohne Zugabe von Flockungsmittel und Mikrosand durchflossen.

Ziel der Aufbereitung ist die Reduzierung der Trübung im Rohwasser von durchschnittlich 3,5 und maximal 130 FNU auf Werte < 1 FNU. Die Anlage ist für eine minimale und maximale Dosiermenge von 0,3 bis 6 mg/l Fe und 0,15 bis 0,40 mg/l FHM bei einem nominalen Volumenstrom von 320 m^3/h ausgelegt. Die Dosiermengen wurden durch die Stadtwerke Iserlohn im laufenden Betrieb optimiert und liegen nun bei folgenden Werten:

- ab 2,0 FNU (Einschaltpunkt) bis 20 FNU linear steigende Zugabemengen von 1,5 bis 4,0 ppm FM und 0,2 bis 0,4 ppm FHM,
- bei einer Zulauftrübung > 20 FNU bleibt die Zugabe konstant bei 4,0 ppm FM und 0,4 ppm FHM.

Die beiden Hydrozyklone sind jeweils für einen minimalen Durchfluss von 5 m^3/h (bei 0,75 bar) und einem maximalen Durchfluss von 7,2 m^3/h (bei 1,7 bar) ausgelegt. Damit beträgt der ausgetragene Schlammvolumenstrom aus der Anlage je nach Volumenstrom und Trübung des Rohwassers etwa 8 bis 12 m^3/h. Das Schlammwasser wird in die existierenden Schlammabsetzbecken geleitet.

Parameter	Mittelwert	Maximum	Minimum
Trübung (FNU)	4,6	128	0,39
pH-Wert (25 °C)	7,19	7,45	7,18
Säurekapazität bis pH 4,3 (mmol/l)	2,79	3,87	1,93
Karbonathärte (°dH)	7,84	10,90	5,50

Tabelle 1 Streubreite der wichtigsten Parameter des Rohwassers

Technische Daten

Nachfolgend werden die wichtigsten technischen Daten der Actiflo®-Anlage bei nominaler Leistung von 320 m^3/h genannt:

- Koagulationsbecken: 2 min. Aufenthaltszeit,
- Injektionsbecken: 2 min. Aufenthaltszeit,
- Reifebecken: 6 min. Aufenthaltszeit,
- Lamellen-Absetzbecken: Fläche 5,5 m^2, entspricht einer Flächenbeschickung von ca. 60 m^3/m^2xh. Sie erhöht sich bei maximaler Aufbereitungsleistung von 480 m^3/h auf ca. 90 m^3/m^2xh.

Auch bei einer Trübungsspitze von bis 100 FNU im Rohwasser liegt der Zielwert im Ablauf des Lamellen-Absetzbeckens bei kleiner 1 FNU, um die nachgeschaltete Mehrschichtfiltration mit nur geringen Trübungswerten zu belasten. **Abbildung 1** zeigt einen Blick auf die Anlage und **Tabelle 2** ausgewählte Betriebsergebnisse. Im Ablauf der Anlage liegt die Trübung praktisch stets unter 1 FNU.

Mehrschichtfiltration

Vor diesem Verfahrensschritt werden alle Wässer gemischt (**Abb. 3**). Die Filtrationsstufe besteht aus vier je 30 m^3 großen Filterkammern, die mit Filtersand (Körnung 0,71 – 1,25 mm) und Hydro-Anthrasit (Körnung 1,4 bis 2,5 mm) gefüllt sind. Sie wird mit einer Filtergeschwindigkeit von v = 6,3 m/h betrieben. Die Trübung im Ablauf beträgt unter 0,1 FNU. Das schlammhaltige Rückspülwasser wird gemeinsam mit den Schlämmen der Anlage behandelt.

Ozonung, Aktivkohlefiltration und Desinfektion

Das mit Luftsauerstoff hergestellte Ozon wird in einer Kon-

Datum	Durchsatz Actiflo® m^3/h	Oberflächenbeschickung m/h	Trübung Zulauf FNU	Trübung Ablauf FNU
01.01.2007	291	54,9	12,3	0,59
02.01.2007	275	51,9	8,2	0,41
12.01.2007	455	85,8	40,8	1,14
13.01.2007	450	84,9	22,3	0,7
17.01. 2007	353	66,6	9,7	0,66
18.01.2007	431	81,3	18,4	0,61
19.01.2007	423	79,8	92,6	1,36
20.01.2007	520	98,1	28,4	1,08
21.01.2007	457	86,2	26,1	0,97
22.01.2007	521	98,3	26,0	0,60
23.01.2007	508	95,8	24,2	0,48
24.01.2007	504	95,1	21,7	0,43
25.01.2007	499	94,2	20,5	0,39
26.01.2007	515	97,2	19,2	0,45
27.01.2007	516	97,4	18,4	0,53

Tabelle 2 ausgewählte Betriebsergebnisse

zentration von 0,1 bis 1 g/m^3 Wasser zur Inaktivierung mikrobiologischer Belastungen und zur Oxidation gelöster organischer Verbindungen eingesetzt. Die Aktivkohlefilter (gefüllt mit Norit GAC 830) dienen der Restentfernung von leichtflüchtigen organischen Chlorkohlenwasserstoffen (CKW) und zur Adsorption bzw. zum biologischen Abbau von anderen organischen Spurenstoffen. Zum Abschluss wird das Wasser mit Chlordioxid desinfiziert. Die Dosierung ist auf einen Sollwert von 0,08 mg/l eingestellt.

Technologie für die Zukunft

Mit dem neuartigen Actiflo®-Verfahren hat sich die Stadtwerke Iserlohn GmbH für ein Partikelentfernungsverfahren entschieden, das durch den Einsatz von Mikrosand zur Verbesserung der Partikelbindung und -absetzung auch bei starken Schwankungen der mikrobiologischen Belastung eines Rohwassers ein hygienisch einwandfreies Trinkwasser mit extrem niedrigen Trübungswerten liefert.

Abbildungen: Krüger WABAG GmbH

Autoren:

Dr. Klaus Hagen
Krüger WABAG / VWS Deutschland GmbH
Veolia Water Solutions & Technologies
Weiherstr. 19
95448 Bayreuth
Tel.: 09 21 150879-326
Fax: 09 21 150879-444

E-Mail: klaus.hagen@veoliawater.com
Internet: www.krueger-wabag.de

Achim Vogel
Stadtwerke Iserlohn GmbH

Stefanstr. 4-8
58638 Iserlohn
Tel.: 023 71 807-1450
Fax: 023 71 807-1453

E-Mail: a.vogel@stadtwerke-iserlohn.de
Internet: www.stadtwerke-iserlohn.de